

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Crescimento de Tilápias (*Oreochromis sp*) da
variedade Vermelha da Flórida e GIFT e seus
híbridos avaliados em tanque-rede**

Mestrando: Woshington Rocha Gervaz

Jaboticabal, São Paulo

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Crescimento de Tilápias (*Oreochromis sp*) da
variedade Vermelha da Flórida e GIFT e seus
híbridos avaliados em tanque-rede**

Woshington Rocha Gervaz

Orientador: Dr. Rafael Vilhena Reis Neto

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Aquicultura do Centro de Aquicultura
da UNESP – CAUNESP, como parte
dos requisitos para obtenção do título
de mestre.

Jaboticabal, São Paulo

2021

G386c Gervaz, Woshington Rocha
Crescimento de Tilápias (*Oreochromis* sp) da variedade Vermelha da Flórida e GIFT e seus híbridos avaliados em tanque-rede / Woshington Rocha Gervaz. -- Jaboticabal, 2021
Vi, 54 p. : tabs., fotos
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Centro de Aquicultura, 2021
Orientador: Rafael Vilhena Reis Neto
Banca examinadora: Adriano Carvalho Costa, Eduardo Antônio Sanches
Bibliografia
1. Curva de crescimento. 2. Cruzamento. 3. GIFT. 4. Identidade modelo. 5. Tilápia vermelha da Flórida. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.
CDU 639.3.43

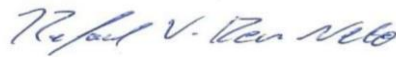
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Crescimento de Tilápias (*Oreochromis sp*) das variedades Vermelha da Flórida e GIFT e seus híbridos avaliadas em tanque-rede

AUTOR: WASHINGTON ROCHA GERVAZ

ORIENTADOR: RAFAEL VILHENA REIS NETO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. RAFAEL VILHENA REIS NETO (Participação Virtual)
Curso de Engenharia de Pesca / UNESP, Câmpus de Registro, Registro-SP



Prof. Dr. EDUARDO ANTÔNIO SANCHES (Participação Virtual)
Curso de Engenharia de Pesca / UNESP, Câmpus de Registro, Registro-SP



Prof. Dr. ADRIANO CARVALHO COSTA (Participação Virtual)
. / Instituto Federal Goiano, IFGoiano, Rio Verde-GO

Jaboticabal, 14 de maio de 2021

DEDICATÓRIA

A Deus, por ter dado saúde e capacidade para vencer os mais diversos desafios enfrentados durante esse período de estudo;

A minha esposa Valri pelo companheirismo e determinação de assumir esse desafio junto comigo;

Aos meus pais Isaias e Francisca por estar sempre ao meu lado;

Aos meus irmãos Wellington e Luana, por ser sempre meus parceiros;

Ao meu sobrinho Emanuel, que tem trazido muita alegria aos nossos dias;

“A fé em Deus nos faz crer no incrível, ver o invisível e realizar o impossível”

(George Muller)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado a oportunidade de através do estudo conquistar meus objetivos. Essa caminhada de 5 anos de graduação e 2 anos de mestrado tem sido repleta de grandes desafios, aprendizados, conquistas e grandes amizades;

À grande companheira que Deus tem colocado ao meu lado, minha esposa Valri. Desde quando nos conhecemos fizemos diversos planos e os estudos estavam nesses. Durante todo esse período sempre me apoiou a buscar tudo isso que estamos construindo. Afinal de contas pra sermos um grande homem necessitamos de uma grande mulher “ao lado”;

Aos meus pais e irmãos, que sempre oraram muito por mim e me apoiaram, motivando a buscar sempre o melhor;

Ao professor orientador Dr^o Rafael Vilhena Reis Neto, por ser além de um grande mestre, um amigo e parceiro que muito me ensinou nesses 7 anos de grande amizade;

À Thais Gonçalves por ter aberto as “portas” da S3 Piscicultura, tornando a execução do projeto possível. Além de ser uma grande parceira de trabalho, tem sido grande incentivadora para conquistar grandes resultados dentro da área aquícola;

Ao Gabriel Rinaldi, um grande amigo que tem feito os experimentos ser muito divertido;

Ao João, Jessica, Sarah, Emylin, Brenda e a professora Dr^a Dariane por ter acompanhado e ajudado nas atividades desenvolvidas no experimento, sem dúvida as biometrias com esse pessoal sempre foram muito agradáveis;

Ao programa de pós-graduação, discentes, docentes, funcionários e diretoria do Centro de Aquicultura da Unesp – CAUNESP.

Aos membros da banca examinadora da qualificação da dissertação, Prof^o Dr. Eduardo Antônio Sanches e Prof^a Dr. Dariane Beatriz Schoffen Enke pela disponibilidade e participação nesta etapa de avaliação;

APOIO FINANCEIRO

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq pela bolsa de mestrado e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo FAPESP pela bolsa de iniciação científica, processo 2019/18661-0

Lista de Figuras

Figura 1 - Variação de temperatura durante o período experimental	25
Figura 2 - Classificação da coloração A (manchada predominante preto), B (vermelha), C (manchada predominante prata), D (preta), E (manchada predominante vermelha)	26
Figura 3 - Curva de crescimento morfométricas do peso em função da idade de cada grupo genético - (A1=G1, A2=G2, A3=G3, A4=G4)	34
Figura 4 - Coloração entre os grupos genéticos	37
Figura 5 - Variação da coloração no grupo G1 GIFT	38
Figura 6 - Variação da coloração no grupo G2 Vermelha	39
Figura 7 - Variação da coloração no grupo G3 (GIFT x Vermelha)	41
Figura 8 - Variação na coloração no grupo G4 (Vermelha x GIFT)	41

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Funções lineares usadas para definir crescimento peso-idade em tilápia	14
Tabela 2 - Forma geral das funções não lineares mais utilizadas para descrever o crescimento.	21
Tabela 3 - Datas das biometrias e idade dos grupos genéticos em dia (t).....	26
Tabela 4 - Média e desvio padrão para peso final de diferentes grupos genéticos de tilápias (<i>Oreochromis sp.</i>)	29
Tabela 5 - Média e desvio padrão para peso final de macho e fêmea de tilápia (<i>Oreochromis sp.</i>).....	31
Tabela 6 - Critério de Akaike (AIC) e coeficiente de determinação ajustados dos modelos Primeiro e Segundo Grau, Exponencial, Logístico, Von Bertalanffy, Brody e Gompertz para quatro grupos genéticos de tilápia.....	32
Tabela 7 - Teste da razão de verossimilhança, com aproximação de qui-quadrado (χ^2), para avaliar a identidade de modelos entre grupos genéticos distintos, considerando-se o ajuste do modelo Gompertz.....	33
Tabela 8 - Parâmetros do modelo reduzido com igualdade de subconjunto dos parâmetros A e K entre os grupos genéticos.....	35

SUMÁRIO

RESUMO	14
ABSTRACT	1
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	15
2.1. GENETICALLY IMPROVEMENT FARMED TILÁPIA (GIFT)	15
2.2. TILÁPIA VERMELHA DA FLÓRIDA	17
2.3. HIBRIDIZAÇÃO EM TILÁPIA	19
2.4. CURVA DE CRESCIMENTO	20
3 OBJETIVO	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 LOCALIZAÇÃO E PERÍODO EXPERIMENTAL	23
4.2 PRODUÇÃO DOS ALEVINOS PUROS E HÍBRIDOS E MANEJO EXPERIMENTAL	23
4.3 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO E COLORAÇÃO	25
4.4 ANÁLISE DOS DADOS	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO	29
5.2 CURVA DE CRESCIMENTO	31
5.3 PADRÃO DE COLORAÇÃO	37
6 CONCLUSÃO	42
7 REFÊRENCIAS	43

RESUMO

Com o propósito de gerar uma variedade de tilápias vermelha com bom desempenho, avaliamos híbridos de Tilápias vermelha em comparação com seus parentais puros por meio de curvas de crescimento. A partir de um cruzamento dialélico entre as variedades GIFT e Vermelha da Flórida foram gerados quatro grupos genéticos: G1 (♂ GIFT x ♀ GIFT), G2 (♂ Vermelha da Flórida x ♀ Vermelha da Flórida); G3 (♂ GIFT x ♀ Vermelha da Flórida); e G4 (♂ Vermelha da Flórida x ♀ GIFT). Durante o período de avaliação os peixes foram alimentados duas vezes ao dia e submetidos a seis biometrias para colher informações do peso corporal em diferentes idades. Durante as biometrias os animais foram também classificados quanto a coloração. O G1 apresentou peso final superior $753,6 \pm 192,0$ g ($p < 0,05$) em relação aos demais grupo genéticos. O peso médio final também diferiu entre macho e fêmea ($p < 0,05$), com superioridade dos machos $672,2 \pm 113,4$ g. O modelo de crescimento de Gompertz foi o que melhor ajustou para os quatro grupos genéticos, de acordo com o Critério de Akaike e o coeficiente de determinação ajustado. De acordo com teste de razão da verossimilhança, o modelo reduzido com sete parâmetros, com hipótese de igualdade de subconjunto do parâmetro B e K foi o que melhor ajustou para descrever o crescimento dos animais. O parâmetro A, que representa o peso assintóticos dos animais, foi de 953,5, 648,7, 814,8, 749,8 para G1, G2, G3 e G4 respectivamente. O parâmetro B e K foram único para os todos os grupos, 4,59 e 0,00964 respectivamente. A coloração preta representou 63,23% dos animais, vermelha 11,21%, manchada preta 1,79%, manchada vermelha 7,17% e manchada prata 16,59%. A hibridização interespecífica não se mostrou uma técnica eficiente para formação de um grupo com desempenho de ganho de peso final e coloração vermelha.

PALAVRAS-CHAVE

Curva de crescimento, cruzamento, GIFT, identidade modelo, tilápia vermelha da Flórida

ABSTRACT

With the purpose of generating a variety of red tilapia with good performance, evaluated hybrids of red tilapia in comparison to their pure parents by means of growth curves. From a diallel cross between the GIFT and Red Florida varieties, four genetic groups were generated: G1 (♂GIFT x ♀ GIFT), G2 (♂ Red Florida x ♀ Red Florida); G3 (♂ GIFT x ♀ Florida Red); and G4 (♂ Florida Red x ♀ GIFT). During the evaluation period, the fish were fed twice a day and prepared using six biometrics to collect body weight information at different ages. During biometrics and animals were also classified according to color. G1 has a final weight greater than 753.6 ± 192.0 g ($p < 0.05$) in relation to the other genetic groups. The final average weight also differed between male and female ($p < 0.05$), with males being superior 672.2 ± 113.4 g. The Gompertz growth model was the one that best adjusted for the four genetic groups, according to the Akaike Criterion and the determination coefficient to determine. According to the likelihood ratio test, the reduced model with seven parameters, with the hypothesis of subset equality of parameter B and K, was the one that best adjusted to describe the growth of the animals. Parameter A, which represents the animals' asymptotic weight, was 953.5, 648.7, 814.8, 749.8 for G1, G2, G3 and G4 respectively. Parameters B and K were unique for all groups, 4.59 and 0.00964 respectively. The black color represented 63.23% of the animals, red 11.21%, black stained 1.79%, red stained 7.17% and silver stained 16.59%. Interspecific hybridization is not an efficient technique for forming a group with performance of final weight gain and red coloration.

KEY-WORDS

Growth curve, crossing, GIFT, model identity, Florida red tilapia

1. INTRODUÇÃO

A produção aquícola brasileira vem apresentando crescimentos satisfatórios nos últimos anos. Os dados são da Associação Brasileira de Piscicultura – PeixeBR publicado no Anuário PeixeBR da Piscicultura versão 2021 referente ao ano de 2020, que reúne dados da cadeia produtiva de empresas e entidades regionais. A atividade teve uma produção de 802.930 toneladas, representando um crescimento de 5,9% em relação a 2020, que produziu 758.006 toneladas, e 38,7% nos últimos 7 anos.

A tilapicultura foi responsável por produzir 486.155 toneladas em 2020, representando 60% da produção total aquícola (PeixeBR, 2021), um crescimento de 12,5% em relação ao ano anterior. Esse cenário mantém o país como o 4º maior produtor de tilápia do mundo, atrás somente de China, Indonésia e Egito.

Algumas variedades de tilápia são destaque no Brasil, a GIFT, introduzida em 2005 por meio de um acordo entre a Universidade Estadual de Maringá – UEM e a organização não governamental World Fish Center, tem apresentado bons resultados de desempenho, rendimento de carcaça, maior aproveitamento de filé, e boa adaptação a diversas regiões do país (Resende et al., 2010.; Oliveira et al., 2015.; Santos et al., 2013). Entretanto, já a alguns anos tem se observado uma tendência na preferência do mercado consumidor em algumas regiões, por variedades de tilápia vermelha, comercializada principalmente inteira, diminuindo os custos com processamento e atingindo melhores mercados quando comparado com o consumo da tilápia preta inteira (Kubitza, 2006).

As peculiaridades da tilápia de cor vermelha proporcionam melhores preços no mercado quando comparado com as tilápias de coloração escura (Brol et al., 2017, Clark et al., 1990). Contudo algumas destas variedades apresentam desempenho zootécnico inferior em relação a variedade comum da cor preta, além de alta taxas de mortalidade quando criadas em sistema escavado devido à alta predação por aves, atraídos pela coloração (Ramírez-Paredes et al., 2011, Santos et al., 2013, Salomão et al., 2018, Keong Ng & Hanim, 2007, Mainardes Pinto et al., 2011, Kubitza, 2011). Por esse motivo avaliar a produção de um híbrido, a partir do cruzamento animais de coloração vermelha e escura, pode ser uma alternativa para

produção de uma variedade de cor predominante vermelha e desempenho zootécnicos superior, criados em sistema de tanque-rede possibilitando maior controle da predação, sobrevivência e, conseqüentemente, maior produtividade por área (Vianna et al., 2019). Porém, o lançamento uma nova variedade no mercado demanda frequentes avaliações comparativas nas taxas de crescimento, ganho de peso, conversão alimentar, entre outras variáveis, cujo retorno econômico deve estar atrelado à essas avaliações.

Tais avaliações podem ser realizadas a partir de estudo do crescimento por meio do ajuste de uma função que descreva todo o período de vida do animal, “curva de crescimento”, tornando-se mais informativo, pois ela condensa as informações de uma série de dados em um pequeno conjunto de parâmetros biologicamente interpretáveis (Santos, et al., 2007).

A curva de crescimento que descreve o período de vida animal apresenta-se na forma sigmóidal, de modo que o crescimento durante a fase inicial da vida é lento, seguido por um período de auto-aceleração, até atingir o ponto máximo da taxa de crescimento, período compreendido como fase da puberdade, quando ocorre uma auto-desaceleração, definido como fase adulto (Umar & Shukor, 2020; Fitzhugh, 1976, Berg & Butterfield, 1976). Dentre as funções não lineares destaca-se a de Richards (Richards, 1959) como a mais emprega para ajustar as relações peso-idade com quatro parâmetros (Mazzini, 2001). Outras funções, como as de Brody (Brody, 1945), Gompertz (Laird, 1965), Logística (Nelder, 1961) e von Bertalanffy (Bertalanffy, 1957), com três parâmetros, são também comumente usadas (Tabela 1).

Tabela 1 - Funções lineares usadas para definir crescimento peso-idade em tilápia

Função	Equação
Brody	$A (1 - B e^{-kt})$
von Bertalanffy	$A (1 - B e^{-kt})^3$
Gompertz	$A \exp(-B e^{-kt})$
Logística	$A (1 + B e^{-kt})^{-1}$
Richards	$A (1 - B e^{-kt})^M$

A: peso assintótico; B: constante de integração; e: base logarítmica; K: taxa de crescimento relativo ao peso máximo; T: o tempo; M: inflexão

Mazzini et al., (2003), definem os parâmetros A e K dessas funções como importantes indicadores biológicos. O parâmetro A representa o peso assintótico superior ou peso adulto do animal, em termos práticos, até quanto o animal pode crescer. O parâmetro K representa a taxa de maturidade, ou seja, é a relação entre a taxa de crescimento relativo e o peso adulto do animal, quanto maior o valor de K, maior a precocidade do animal.

Estudos que avaliam comparativamente o crescimento de tilápia vermelha da Florida e seus híbridos, como opção de animais de alto valor de mercado e bom desempenho, são extremamente escassos. Assim, o presente trabalho teve o propósito de comparar o desempenho, através das curvas de crescimento ajustadas para peso em função da idade, de Tilápias das variedades GIFT, vermelha da Flórida e seus híbridos criados em sistema de tanque-rede.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1. GENETICALLY IMPROVEMENT FARMED TILÁPIA (GIFT)

O programa de melhoramento genético GIFT (Genetically Improvement Farmed Tilápia) foi iniciado em 1988 na Filipinas, envolvendo o cruzamento dialélico entre oito grupos genéticos, sendo quatro variedades silvestres capturadas entre 1988-1989 no Egito, Gana, Quênia e Senegal, e quatro variedades comerciais, introduzidas nas Filipinas de 1979 a 1984, de Israel, Singapura, Tailândia e Taiwan (Bentsen, 1998, Pullin et al., 1991, Eknath et al., 1993, Bentsen et al., 2012). Segundo Pullin et al., (1991) o programa teve por objetivo específico desenvolver uma variedade que dispunha de altas taxas de crescimento, maior ganho em peso e menor conversão alimentar.

O sucesso do programa de melhoramento genético GIFT fez a Wolrd Fish Center empenhar esforços em disseminar a nova variedade melhorada e desenvolver estratégias para manutenção e melhoramento destas variedades. Neste sentido, a organização estabeleceu uma parceria com a Universidade Estadual de Maringá, através da extinta Secretaria de Aquicultura e Pesca (SEAP), disponibilizando 600 animais de 30 famílias diferentes da variedade GIFT. Os animais adentraram o país em março de 2005, portanto após atingirem o peso

adequado e possibilitar a sexagem realizou-se o primeiro acasalamento, dando origem a primeira geração.

Silva et al., (2019) avaliou o efeito da seleção na linhagem GIFT do programa de melhoramento genético da Epagri de Santa Catarina e concluiu que em uma única geração de seleção os animais apresentaram ganho de 8,4% para peso final e 9,5% para peso do filé. Ribeiro et al., (2016) e Oliveira et al., (2013) afirmam que o programa de melhoramento genético GIFT no Brasil garantiu ganhos superiores a 17% nas características relacionadas a velocidade de crescimento, mais de 14% no volume e 9,5% na área do corpo dos animais avaliados, comparados aos animais que foram introduzidos em 2005. Bentsen et al., (2017) relataram os resultados obtidos nos primeiros anos do projeto que desenvolveu a linhagem Gift. O projeto obteve um ganho acumulado para ganho de peso nas primeiras cinco gerações de 88%, em relação a população base, com ganhos por gerações variando de 9 a 20%.

O relatório de avaliação dos impactos das tecnologias geradas pela Embrapa, publicado no ano de 2020, identificou os efeitos na cadeia produtiva e econômica da abrangência do programa de melhoramento genético GIFT no Brasil (Fernandes, et al.; 2020). Com a utilização da tilápia GIFT obteve-se em termos de eficiência no sistema com maior produtividade, saindo de um sistema onde era produzido uma tilápia com peso final de 400 a 600 gramas em um período de 6 a 8 meses para uma produção de 4-6 meses com peso final de 800g, permitindo um ciclo de produção a mais por ano na mesma área. Como impacto econômico observa-se um ganho na receita líquida de 22% em relação ao uso da tilápia não melhorada.

O retorno econômico originado da adoção desta tecnologia pelos produtores foi extremamente expressivo em relação ao montante de recursos investidos pelo setor público para o seu desenvolvimento (1.2 milhões de reais), apresentando uma relação custo/benefício de 196,8% e pela Taxa interna de Retorno (TIR) de 128,8%. Esses dados retratam que a aplicação de recursos em “Pesquisa, Desenvolvimento e Informação” pode ser essencial para a sociedade em geral.

Apesar do sucesso do programa de melhoramento genético da UEM na variedade escura GIFT, não há relatos de um programa destinado para variedade vermelha, com objetivo de desenvolver um animal com melhores desempenhos zootécnicos.

2.2. TILÁPIA VERMELHA DA FLÓRIDA

A ocorrência de animais de coloração vermelha tem sido muito frequente no mercado brasileiro de tilapicultura, porém, não existe um padrão genético definido e tão pouco uma origem clara desses animais.

Algumas variedades foram produzidas a partir da seleção de híbridos da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*. Outros animais vermelhos são híbridos oriundos do cruzamento entre fêmeas de *O. mossambicus* laranja-avermelhado e machos *O. niloticus* normais resultando na tilápia vermelha de Taiwan (Galman e Avtalion 1983). Uma variedade vermelha muito comum nos sistemas produtivos do Brasil é a Saint Peter, proveniente de Israel (ND56-“Nir David Breeding Center”), um tetra-híbrido interespecífico, resultado do cruzamento de duas gerações F₁: macho (*O. niloticus* x *O. aureus*) e fêmea (*O. mossambicus* x *O. hornorum*), (Neto et al., 2015, Amal et al., 2013, Hulata et al. 1995).

A tilápia vermelha da Flórida, criada em 1970, é resultante do cruzamento entre machos de *O. mossambicus* e fêmeas de *O. urolepis hornorum* (Kubitza, 2011.; Behrends et al., 1982). A variedade foi introduzida no Brasil e na Jamaica, de onde foi distribuída em sua forma genética original ou após o cruzamento com as tilápias do Nilo e Azul para vários países da América do Sul e Central (Lovshin, 2000).

Segundo Behrends et al., (1982) & Halstrom, (1984) atribuir a nomenclatura de tilápia vermelha não propriamente diz respeito a característica de um lote 100% vermelho, haja vista que ocorre uma série de variações de cores, incluindo branco, rosa, bronze, vermelho-laranja e combinações dessas cores no mesmo peixe. Lovishin (2000) destaca que uma verdadeira tilápia vermelha não terá descendentes com coloração escura ou com manchas pretas irregulares misturadas com vermelho ou rosa.

A determinação genética da cor vermelha na tilápia ainda é um fator desconhecido. Alguns autores citados por Lovshi, (2000) afirmam que a coloração vermelha na tilápia do Nilo foi causada por um genótipo dominante (McAndrew et al.; 1988). Entretanto Tave et al., (1989) descobriram que a pigmentação do bronze na tilápia de Moçambique está relacionada a um genótipo recessivo. Huang et al., (1998) sugeriu que a cor do corpo na tilápia vermelha de *O. mossambicus* x *O. niloticus* do Taiwan é controlada por um único gene com dominância incompleta.

Huang et al., (1998) escreveu que RR é o genótipo para a cor rosa do corpo, Rr para a cor vermelha e rr para a cor preta. Behrends e Smitherman (1990) sugerem que a coloração vermelha na tilápia pode ser explicada por qualquer um dos três sistemas: um gene com co-dominância; dois genes com epistasia recessiva; e dois genes, cada um com dominância completa e cada um dos quais controla um fenótipo separado.

A determinação da cor na tilápia torna-se indefinida pela complexidade da composição genética dos híbridos de tilápia vermelha e pelas muitas variações de cor do vermelho que foram descritas e encontradas entre os descendentes de uma fêmea comum. Além disso, alguns fenótipos de cores são desconhecidos e alguns fenótipos mudam de cor com o tempo, tornando a determinação genética das cores um processo extremamente complexo (Lovshin, 2000).

Com relação ao desempenho, alguns autores observaram que a Tilápia vermelha da Flórida cresce mais em águas com baixas salinidades, entretanto suporta concentrações de até 37ppt, e a temperatura ideal para esses animais é ao redor de 28°C, com resistência a baixas temperaturas (8°C) podendo sobreviver em baixos níveis de oxigênio dissolvido (OD) (1mg/l) (Watanabe et al., 1989; Sallam et al., 2017, Popma & Lovshin 1996).

A resistência a baixas temperaturas e altas salinidades está associada ao ganho genético herdado da variedade *O. mossambicus*, principalmente do sexo masculino, sendo um dos principais representantes dos ciclídeos com característica eurialino (Tayamen et al., 2002; Watanabe et al., 1989). A tilápia *O. mossambicus* é conhecida por tolerar temperaturas de 4°C a 40°C, com capacidade de tolerar má qualidade da água e escassez de oxigênio.

Nos últimos anos tem se observado uma nova tendência na preferência do mercado consumidor nacional pela tilápia vermelha, proporcionando melhores preços no mercado quando comparado com as tilápias de coloração escura, o que torna a tilápia vermelha da Flórida uma variedade em grande potencial a ser explorado (Brol et al., 2017, Clark et al., 1990), apesar do fato de que algumas destas variedades de tilápias vermelha apresentam desempenho zootécnicos inferior a variedade comum (Ramírez-Paredes et al., 2011, Santos et al., 2013, Salomão, et al., 2018, Keong Ng & Hanim, 2007).

Além disso as tilápias vermelhas de modo geral apresentam uma baixa taxa de sobrevivência quando criadas em viveiro escavado, devido à alta predação por aves, atraídos pela coloração vermelho (Lovshin, 2000).

2.3. HIBRIDIZAÇÃO EM TILÁPIA

A crescente demanda na tilapicultura brasileira cria uma exigência imediata por peixes de melhor qualidade, com melhores taxas de crescimento e rendimento, proporcionando maior viabilidade econômica para a cadeia produtiva, o que torna a aplicação de ferramentas do melhoramento genético extremamente importante.

A grande maioria das variedades de peixes que possuem características geneticamente melhoradas, foram alcançados através de métodos tradicionais de manipulação genética, que incluem seleção e hibridação (Foresti, 2000; Hulata, 2001, Hilsdorf & Orfão, 2011). A hibridização pode ser classificada de três formas: intraespecífica, quando os cruzamentos ocorrem entre indivíduos da mesma espécie, mas de tipos ou variedades diferentes, visando novas formas; interespecífica, quando ocorre entre espécies distintas dentro do mesmo gênero; e a intergenérica, entre espécies de gêneros diferentes (Costa et al, 2014, Selz & Seehausen, 2019).

Em tilápias é comum a hibridização interespecífica, como um método de melhoramento, para produção de monosexo (*O. niloticus* x *O. hornorum*), para produção de variedades mais resistentes a águas salobras (*O. niloticus* x *O. mossambicus*), ou para maiores ganhos em peso, rendimento de filé dentre outras

características com interesse comercial (Wohlfarth & Hulata, 1983, Macaranas et al., 1986).

Tentativas de hibridização introgressiva também tem sido utilizada entre variedades de tilápia vermelha com preta devido ao baixo desempenho da variedade vermelha, além de outros interesses como diminuir as ocorrências de manchas pretas ou prateadas, produzindo um animal com maior predominância na coloração vermelha (Freitas, 2007, Hilsdorf et al., 2007). Estudos realizado por Moreira et al., (2005), deixa em evidência a eficiência da hibridização entre tilápia da variedade Chitralada com vermelha Red-Stirling, com desempenho de peso final de $557,2g \pm 41,9$ (Chitralada), $421,9g \pm 23,3$ (Red Stirling), $522,95 \pm 31,6$ (híbrido), $496,40g \pm 4,73$ (híbrido recíproco). Os híbridos apresentaram peso superior a variedade Red Stirling pura com padrões de coloração vermelha e manchas pretas, porém, ainda foram inferiores à variedade Chitralada.

Lago et al., (2016) avaliou machos e fêmeas de tilápia Chitralada e Red-Stirling para obtenção de animais vermelhos com alta taxa de crescimento, a partir de três gerações de retrocruzamentos, até obtenção de uma população 7/8 Red/Chitralada. As fêmeas vermelhas apresentam altas taxas de crescimento a partir da segunda geração (3/4 Red/Chitralada), entretanto para machos o melhor desempenho foi alcançado na terceira geração (7/8 Red/Chitralada).

Os efeitos da coloração sobre o desempenho e características econômicas não apresentam correlação genética significativa segundo Lago et al., (2019), permitindo aplicar maior pressão de seleção para obtenção de um animal com maior predominância de pele vermelha ausente de manchas sem comprometer o desempenho.

2.4. CURVA DE CRESCIMENTO

Compreender o comportamento de crescimento ou desenvolvimento do animal tem sido um trabalho importante para os gestores que atuam diariamente na aquicultura. Esses estudos de curva de crescimento, como é chamado, permite conhecer com precisão, informações essenciais que direcionam as tomadas de decisões. Essas informações são taxas de crescimento, taxas de ganho em peso

e grau de maturidade em qualquer estágio de desenvolvimento do animal, que são fatores importantes na avaliação de desempenho produtivo e econômico da criação (Alves, 1986).

Além da necessidade de gestão da atividade, a constante busca por variedades com melhores desempenho produtivos, exige estudos que evidenciem os potenciais de cada variedade, os estudos de curvas de crescimento por meio do ajuste de equações de predição do peso em função da idade do animal tem sido de grande importância, pois ela condensa as informações de uma série de dados em um pequeno conjunto de parâmetros biologicamente interpretáveis, podendo identificar os animais com maior potencial (Santos et al., 2007, Costa et al., 2009, Barichello et al., 2009).

Segundo Mazzini (2001), dentre as funções não lineares mais utilizadas para ajustar as relações peso-idade destaca-se a função de Richards, a qual se caracteriza por apresentar quatro parâmetros. Outras funções, como as de Brody, Gompertz, Logística e von Bertalanffy, com três parâmetros e classificadas como casos especiais da função de Richards, são também muito utilizadas (Tabela2).

Tabela 2 - Forma geral das funções não lineares mais utilizadas para descrever o crescimento.

Função	Equação
Brody	$A (1 - B e^{-kt})$
von Bertalanffy	$A (1 - B e^{-kt})^3$
Gompertz	$A \exp(-B e^{-kt})$
Logística	$A (1 + B e^{-kt})^{-1}$
Richards	$A (1 - B e^{-kt})^M$

Para Elias (1998) e Mazzini (2001), os parâmetros mais importantes dessas funções são A e K, por apresentarem interpretações biológicas. O parâmetro “A” representa o peso assintótico ou peso adulto do animal. O parâmetro “K” representa a taxa de maturidade, ou seja, é a relação entre a taxa de crescimento relativo e o peso adulto do animal. Quanto maior o valor de K, mais precoce é o animal.

Na descrição do crescimento, todas as curvas possuem suas vantagens e desvantagens. Comparações entre elas têm sido frequentes. A curva de Brody é mais fácil de interpretar que a função de Richards, mas é menos sensível a

flutuações no peso (Denise & Brinks, 1985). Esses mesmos autores relatam a facilidade de se trabalhar com o modelo de Brody, que possui menos problemas computacionais. Trabalhando com curvas de crescimento para bovinos concluem que a apropriada curva para descrever o crescimento deve ser escolhida baseada na habilidade de responder questões específicas.

Além das funções já descritas, existem outras que podem ser aplicadas em casos específicos. O modelo exponencial ($y_i = A e^{kt}$), por exemplo, embora não seja indicado para um longo período de crescimento, pois, não considera o peso assintótico dos animais (Costa et al., 2009), é relativamente comum na aquicultura pela sua simplicidade, podendo-se descrever facilmente o crescimento de peixes com apenas os pesos inicial e final (Gamito, 1998), sendo A o peso inicial estimado; K taxa de crescimento relativo e t o tempo.

Nesse contexto dado a necessidade entender o comportamento e o potencial de crescimento dos animais, diversos trabalhos são realizados na aquicultura com várias espécies de interesse comercial, tal como pacu, tambaqui e seus híbridos (Botelho et al., 2019), tilápia (Chavez-Garvia et al., 2020), tucunaré (Campos & Freitas, 2010), beijupira (Webb Jr et al., 2006).

3 OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivo principal avaliar o desempenho, em tanque-rede, de híbridos de tilápias vermelhas em relação aos parentais puros gerados a partir de um cruzamento dialélico entre as variedades GIFT e Vermelha da Flórida.

Além do objetivo principal o trabalho teve como objetivos específicos:

- Avaliar o desempenho, por meio do peso e das curvas de crescimento, dos animais, puros e híbridos, cultivados em tanque-rede;
- Avaliar a variação no padrão de coloração dos animais puros e híbridos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO E PERÍODO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido nas dependências da S3 Piscicultura, localizado na cidade de Registro – SP (-24°25'03.1"S; -47°47'34.7"W), na região do Vale do Ribeira, no período de fevereiro a dezembro de 2020.

4.2 PRODUÇÃO DOS ALEVINOS PUROS E HÍBRIDOS E MANEJO EXPERIMENTAL

Os animais avaliados foram obtidos a partir do cruzamento dialélico entre machos e fêmeas das variedades de Tilápia GIFT (3º Geração de melhoramento genético) e Vermelha da Flórida. As matrizes GIFT foram adquiridas pela S3 Piscicultura em 2008, oriundo da 3ª geração do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual de Maringá, distribuídos aos produtores de alevinos através do Programa de Difusão da Linhagem GIFT no Brasil. Em 2018 a piscicultura também importou diretamente da Flórida, 4 mil animais da variedade vermelha da Flórida, que entraram em reprodução em agosto de 2019.

A etapa de reprodução foi realizada em quatro tanques de alvenaria com fundo em terra (10m x 3m x 1,2 metros de profundidade). Em cada tanque foi produzido um grupo genético sendo: Grupo 1 (♂Tilápia GIFT x ♀Tilápia GIFT), Grupo 2 (♂Tilápia Vermelha da Flórida x ♀Tilápia Vermelha da Flórida); Grupo 3 (♂Tilápia GIFT x ♀Tilápia Vermelha da Flórida); e Grupo 4 (♂Tilápia Vermelha da Flórida x ♀Tilápia GIFT). Cada tanque adotou a proporção de 3 Fêmeas para 1 macho (♀3:1♂), totalizando 40 animais por tanque de reprodução.

Durante o período reprodutivo, foi realizado a coleta manual dos ovos na boca das fêmeas, com diferença de dez dias entre os grupos híbridos e puros. Os ovos coletados foram incubados em incubadoras cônicas com capacidade de 3 litros de água, com temperatura variando de 26 a 28°C por um período de 4-7 dias até a eclosão. Após eclodirem as larvas foram conduzidas por fluxo ascendente da água, a caixas de plástico onde permaneceram até o desenvolvimento da vesícula gasosa.

Após esse processo as larvas foram transferidas para caixas de plástico para o processo de inversão sexual por temperatura, usando água aquecida, a temperatura acima de 30°C, por um período de 15 dias. Durante o processo de inversão os animais foram alimentados 6 vezes ao dia, com ração de 100 a 800 micras, contendo 52% de proteína bruta. Os animais então revertidos foram transferidos para o sistema de recria em tanques circulares de 10m³, onde permaneceram até atingirem peso médio de 25g.

Após a recria, os animais de cada grupo genético foram pesados, anestesiados com uso de Óleo de Cravo (Eugenol 75 mg/L) (Vidal et al., 2008), e identificados por meio de microchips implantados na musculatura dorsal. Após a identificação os animais foram estocados em um tanque-rede de 4,8m³ de volume total (2m x 2m x 1,2m), instalado em uma represa rural da própria S3 Piscicultura, onde permaneceram até atingir uma média de peso que permitisse a inflexão da curva de crescimento, finalizando com uma densidade de 29,9 kg/m³ e 225 animais.

Durante o período de crescimento os peixes foram alimentados duas vezes ao dia até a saciedade aparente por meio de uma dieta comercial contendo 32% de proteína bruta. O arraçoamento iniciou com pellets de 4mm até 200g, 4-6mm até 500g, finalizando com 8mm.

No decorrer do experimento (fevereiro/2020 a dezembro/2020) diariamente foram observados a temperatura da água e os níveis de concentração de oxigênio dissolvido (OD). A temperatura média foi de 23,0±2,7°C e oxigênio dissolvido (OD) de 6,0±1,4 mg/L. As variações de temperatura e oxigênio registraram máximas de 29,6°C e 7,4 mg/L, com mínimas de 17,5°C e 2,4 mg/L (figura 1).

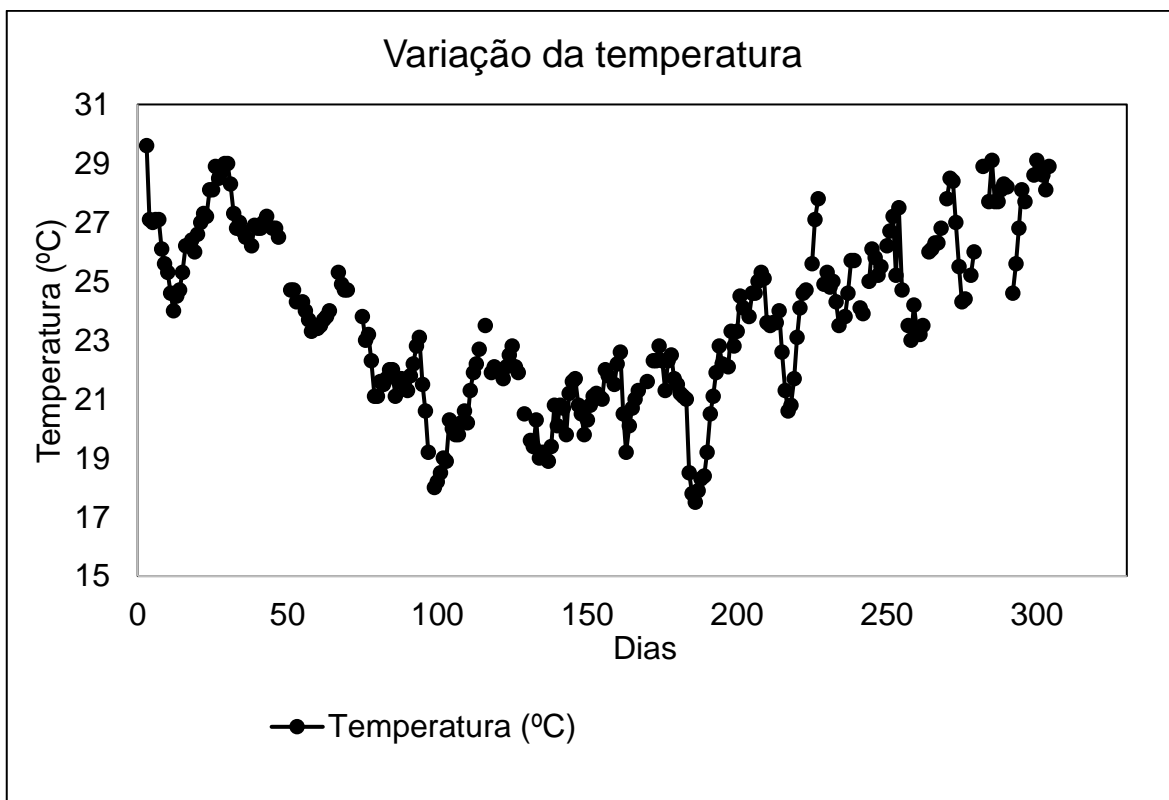


Figura 1 - Variação de temperatura durante o período experimental

4.3 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO E COLORAÇÃO

Durante o período de crescimento, em cinco oportunidades (Tabela 3), os animais foram pesados e classificados quanto à coloração. Neste ponto, vale destacar que, com os cruzamentos, os híbridos apresentaram diferentes padrões de cores em relação aos parentais. Alguns animais vermelhos, porém, com manchas escuras e prateadas, foram observados nos dois grupos híbridos, despertando o interesse em compreender a variação da coloração dentro de cada grupo genético. Sendo assim na última biometria, os animais foram fotografados para determinação de cores de manchas, o que possibilitou entender melhor a herança da coloração destes animais.

Tabela 3 - Datas das biometrias e idade dos grupos genéticos em dia (t)

Relação	Data dos Híbridos (t = dias)	Data dos Puros (t = dias)
Eclosão	06/01/2020 (t = 0)	16/01/2020 (t = 0)
Identificação	20/02/2020 (t = 45)	20/02/2020 (t = 35)
1ª Biometria	06/04/2020 (t = 90)	06/04/2020 (t = 80)
2ª Biometria	21/05/2020 (t = 135)	21/05/2020 (t = 125)
3ª Biometria	14/09/2020 (t = 251)	14/09/2020 (t = 241)
4ª Biometria	19/10/2020 (t = 286)	19/10/2020 (t = 276)
5ª Biometria	16/12/2020 (t = 345)	16/12/2020 (t = 335)

Os animais que apresentavam uma única coloração foram classificados de preto ou vermelho, aqueles que dispunham de mais de uma cor foram classificados como manchados, destacando a segunda cor de maior predominância prata, preta ou vermelha. Desta forma chegamos a cinco categorias de classificação: Preta; Vermelha; Manchada predominante preto; Manchada predominante prata; e Manchada predominante vermelha (figura 2).

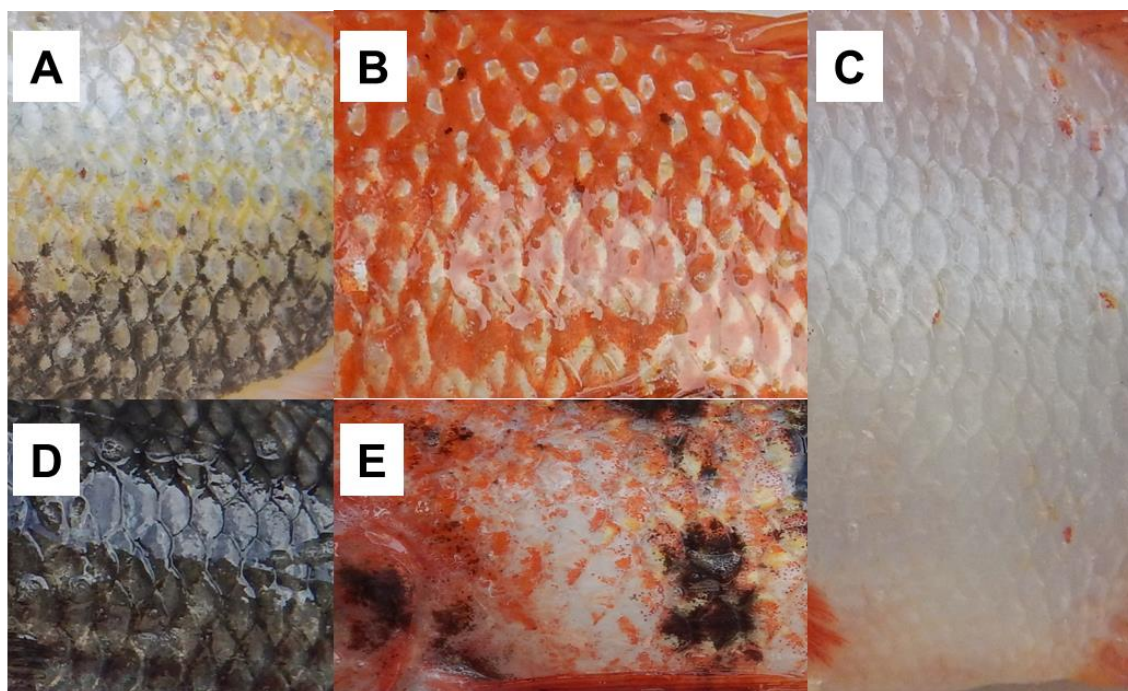


Figura 2 - Classificação da coloração A (manchada predominante preto), B (vermelha), C (manchada predominante prata), D (preta), E (manchada predominante vermelha)

4.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados de peso obtidos na última biometria foram previamente testados quanto as pré-suposições e submetidos à análise de variâncias considerando um modelo estatístico que incluiu efeito do grupo genético (G1, G2, G3 e G4), do sexo (macho ou fêmea), da interação entre esses dois fatores, além do peso inicial como co-variável. O efeito do sexo foi avaliado devido à baixa eficiência do processo de inversão adotado, resultando em aproximadamente 15% de fêmeas.

Com os dados de peso obtidos nas cinco biometrias, foram ajustados diferentes modelos de crescimento de peso em função da idade para cada grupo genético. Inicialmente realizou-se a análise exploratória dos dados, sendo retirados aqueles considerados discrepantes. Para a descrição do crescimento dos animais foram verificados os ajustes, usando o critério de informação de Akaike (AIC), dos modelos lineares de polinômio de primeiro grau e segundo grau e os ajustes dos modelos não lineares Brody, Gompertz, Logístico, Von Bertalanffy e Exponencial do peso em função da idade, determinado pelo.

Para estimar os parâmetros no modelo ajustado, utilizou-se o método dos mínimos quadrados e o algoritmo de Gauss-Newton. Para estas análises, utilizou-se o proc model, opção weight e macro, do programa SAS, versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, EUA).

Aplicou-se o teste da razão de verossimilhança, para comparar o modelo completo ao reduzido, de modo que com o modelo completo, é possível o ajuste de uma curva de crescimento específica para cada grupo genético, enquanto o modelo reduzido, ajusta-se uma única curva de crescimento, para todos os grupos genéticos, ou curvas com subconjuntos de parâmetros comuns (A, B ou K) entre os grupos. Utilizou-se a metodologia, apresentada por Regazzi & Silva (2010), para a avaliação de identidade de modelos e de igualdade de qualquer subconjunto de parâmetros, por meio do teste da razão de verossimilhança, com aproximação pela estatística qui-quadrado a 5% de significância.

Para a realização do teste de razão da verossimilhança, criou-se uma variável indicadora (dummy) para a representação dos modelos, que assume valores binários 0 ou 1; assim, o modelo completo, com parâmetros diferentes para dois grupos, é representado por

$$Y_{ij} = \sum_{j=1}^n D_j [A_j \exp(-B_j e^{-k_j X_{ij}}) + \varepsilon_{ij}]$$

em que: $D_j = 1$, se o animal pertence ao grupo j ; e $D_j = 0$, se o animal não pertence ao grupo j .

O modelo reduzido, com hipótese de igualdade dos parâmetros para todos os grupos, que representa o ajuste de uma única curva de crescimento, é dado por:

$$Y_{ij} = \sum_{j=1}^n D_j [A_j \exp(-B_j e^{-k_j X_{ij}}) + \varepsilon_{ij}] = A \exp(-B e^{-k X_{ij}}) + \varepsilon_{ij}$$

Foram comparados, também, modelos reduzidos com hipótese de igualdade de subconjuntos de parâmetros. Por exemplo, apenas quanto ao parâmetro A é comum aos quatro grupos, o modelo ajustado é representado por:

$$Y_{ij} = \sum_{j=1}^n D_j [A \exp(-B_j e^{-k_j X_{ij}}) + \varepsilon_{ij}]$$

Após o ajuste dos modelos, a estatística qui-quadrado (χ^2), para o teste da razão de verossimilhança, foi computada a partir dos valores máximos da função de verossimilhança para o modelo reduzido ($L\omega$) e o completo ($L\Omega$), dada por

$$\chi^2 = -2 \ln [L\omega/L\Omega] = [-2 \ln L\Omega]$$

com graus de liberdade, obtidos pela diferença entre o número de parâmetros dos modelos completo e reduzido.

Também foi realizada uma análise descritiva da coloração usando as fotos tiradas de cada animal, de modo que a identificação das fotos correspondia ao chip de cada animal, isso permitiu analisar as fotos e classificar os animais quanto a coloração sem saber a que grupo genético pertencia cada peixe. Após a classificação, os dados foram tabulados observando o comportamento da

coloração dentro de cada grupo genético e entre os grupos. Os resultados foram apresentados graficamente em porcentagem.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

Para peso médio final observou-se influência significativo sexo e grupo genético, entretanto não houve interação significativa ($p < 0,05$) entre esses fatores.

O grupo genético puro G1 (GIFT x GIFT) foi o que apresentou maior ($P < 0,05$) peso final em relação aos demais grupos, com média final de $753,6 \pm 192,0$ g. Entre os puros o grupo G1 obteve peso final 44,5% maior ($P < 0,05$) em relação ao grupo G2 (Vermelha x Vermelha) $521,4 \pm 147,0$ (tabela 4).

Dentre os quatro grupos genéticos a diferença entre o primeiro e segundo melhor desempenho, alcançado pelo grupo G3 $681,1 \pm 199,1$ g (GIFT x Vermelha) foi de 9,6%. Entre os híbridos, o G3 (GIFT x Vermelha) obteve o melhor desempenho, 9,74% a mais, com peso médio final de $681,1 \pm 199,1$ g, enquanto o grupo G4 (Vermelha x GIFT) apresentou peso médio final de $620,6 \pm 157,9$ g (tabela 4).

Tabela 4 - Média e desvio padrão para peso final de diferentes grupos genéticos de tilápias (*Oreochromis sp.*)

Grupo genético	Variável
	Peso Final (g)
G1	$753,6 \pm 192,0$ a
G2	$521,4 \pm 147,0$ d
G3	$681,1 \pm 199,1$ b
G4	$620,6 \pm 157,9$ c
C.V (%)	25,8

Grupos genéticos: G1 (GIFT x GIFT) G2 (Vermelha x Vermelha) G3 (GIFT x Vermelha) 4 (Vermelha x GIFT). Médias seguidas de letras diferentes se diferem pelo teste de Scott Knott (0,05)

Mainardes Pinto et al., (2011), avaliaram o desempenho produtivo da tilápia tailandesa e da tilápia vermelha da flórida estocadas em diferentes densidades, em tanques-rede instalados em viveiros, semelhante ao estudo desenvolvido, e obteve em 110 dias de cultivo para a densidade de 200 peixes m³, com peso médio inicial de 53,7g e 49,9g para tailandesa e vermelha da flórida respectivamente, peso médio final de 525,2g para variedade tailandesa e 261,3g para a vermelha da florida. O resultado encontrado pelo autor corrobora com o trabalho desenvolvido, cujo resultado aponta para o baixo desempenho da tilápia vermelha quando comparada com a variedade preta, nesse estudo citado a diferença do peso final foi de 100,99%.

O baixo desempenho para peso final da variedade vermelha comparado com a GIFT e outras variedades preta, foram descritos por Siddiqui & Al-harbi, (1995), Romana-Eguia & Eguia, (1999), Marengoni et al., (2015), Brol et al., (2017). Embora a alta preferência do mercado consumidor pela tilápia vermelha, Brol et al., (2017) e Clark et al., (1990) destacam que os baixos desempenhos dificultam a expansão da variedade, fazendo-se necessário a criação de programas de melhoramento genéticos que potencializem a espécie, de modo que respondam melhor ao desempenho de peso médio final em ciclos de 6 a 7 meses.

Estudos com seleção e retrocruzamentos tem sido desenvolvido para ganho em peso e redução de manchas pretas (Thodensen et al., 2013), reduzindo 5% dessas ocorrências a partir da quarta seleção. Lago et al., (2017) afirma que as características de manchas não apresentam efeito diretos e indiretos sobre o peso corporal, possibilitando um programa de melhoramento genético com seleção de coloração e peso corporal simultaneamente.

Lago et al., (2016) avaliando híbridos machos e fêmeas de tilápia vermelha obtidos por cruzamento retrocruzado de Chitralada e Red-Stirling, observou que a primeira geração híbrida do cruzamento (F1) demonstrou valores superiores a Red-Stirling, no entanto, esses valores foram inferiores a Chitralada em ambos os sexos. Os resultados encontrados pelos autores corroboram os dados encontrados no presente estudo. O autor demonstra que o retrocruzamento não foi eficiente para a primeira geração, somente a partir da segunda foi possível obter animais vermelhos com desempenho similar aos pretos.

O peso médio final diferiu ($p < 0,05$) para machos e fêmeas, com superioridade dos machos $672,2 \pm 113,4g$ em relação as fêmeas $532,8 \pm 199,1g$ (tabela 5). Do total de animais avaliados, 34 deles eram fêmeas, cujo peso médio final foi 26,16% menor em relação aos machos. O baixo desempenho das fêmeas tende a diminuir o peso médio final dos grupos, haja vista que esses animais não foram descartados no estudo realizado, porém, é importante destacar que a interação grupo x sexo não foi significativa, desta forma podemos afirmar que a ocorrência de fêmeas afetou os grupos de forma uniforme.

Tabela 5 - Média e desvio padrão para peso final de macho e fêmea de tilápia (*Oreochromis sp.*)

Sexo	Variável
	Peso Final
Macho	$672,2 \pm 113,4$ a
Fêmea	$532,8 \pm 199,1$ b
C.V	25,8

Médias seguidas de letras diferentes se diferem pelo teste de Scott Knott (0,05)

5.2 CURVA DE CRESCIMENTO

O modelo de Gompertz foi o que melhor ajustou para comparar o crescimento entre os grupos genéticos, apresentando os menores valores de Critério de Akaike (AIC) e maiores valores de coeficiente de determinação ajustado (R^2) conforme a apresentado (Tabela 6). Observa-se que para o grupo G1 o modelo Von Bertalanffy e Gompertz apresentaram valores de AIC e R^2 similares, devido o modelo de Gompertz ajustar para o grupo G2, G3 e G4 optou-se por definir o mesmo modelo para o grupo G1.

Tabela 6 - Critério de Akaike (AIC) e coeficiente de determinação ajustados dos modelos Primeiro e Segundo Grau, Exponencial, Logístico, Von Bertalanffy, Brody e Gompertz para quatro grupos genéticos de tilápia

Grupos genéticos	Modelos	AIC	R2 ajustado
G1	Primeiro Grau	4934,16	0,84
	Segundo Grau	4927,83	0,84
	Exponencial	5078,07	0,74
	Logístico	4925,52	0,84
	Von Bertalanffy	4918,77	0,84
	Brody	4928,78	0,84
	Gompertz	4918,86	0,84
G2	Primeiro Grau	3159,69	0,82
	Segundo Grau	3159,73	0,82
	Exponencial	3245,23	0,76
	Logístico	3152,81	0,83
	Von Bertalanffy	3151,53	0,83
	Brody	3159,99	0,82
	Gompertz	3150,75	0,83
G3	Primeiro Grau	4274,12	0,81
	Segundo Grau	4274,47	0,81
	Exponencial	4370,96	0,75
	Logístico	4267,78	0,81
	Von Bertalanffy	4266,06	0,81
	Brody	4274,64	0,81
	Gompertz	4265,36	0,81
G4	Primeiro Grau	3415,04	0,80
	Segundo Grau	3415,31	0,80
	Exponencial	3491,42	0,74
	Logístico	3409,52	0,81
	Von Bertalanffy	3408,25	0,81
	Brody	3415,54	0,80
	Gompertz	3407,57	0,81

Grupos genéticos: G1 (GIFT x GIFT) G2 (Vermelha x Vermelha) G3 (GIFT x Vermelha) G4 (Vermelha x GIFT)

O teste de razão de verossimilhança apontou que o modelo completo difere ($P < 0,05$) dos modelos reduzidos, indicando que os parâmetros avaliados do modelo Gompertz divergem entre os grupos genéticos (Tabela 7). O modelo reduzido com 4 parâmetros com hipótese de igualdade dos parâmetros A, B e K apresentou diferença significativa, portanto o ajuste de uma única curva para

descrever o crescimento de todos os grupos genéticos, como proposto pelo modelo completo com 13 parâmetros, não é adequado.

Tabela 7 - Teste da razão de verossimilhança, com aproximação de qui-quadrado (χ^2), para avaliar a identidade de modelos entre grupos genéticos distintos, considerando-se o ajuste do modelo Gompertz

Parâmetros	P	Verossimilhança	χ^2	Qui-quadrado a 0,95
Modelo completo				
A _j b _j k _j	13	16623002	-	-
Modelos reduzidos				
A b k	4	21424646	324,55*	16,919
A b _j k _j	10	16750787	9,79*	7,815
A _j b k _j	10	16648842	1,99	7,815
A _j b _j k	10	16624150	0,08	7,815
A b k _j	7	16834729	16,18*	12,59
A b _j k	7	17832533	89,83*	12,59
A_j b k	7	16779832	12,01	12,59

Os modelos reduzidos com 10 parâmetros, com hipótese de igualdade de apenas um dos três parâmetros (A, B ou K), para os quatro grupos genéticos, apresentou diferença significativa somente para o modelo que fixou o parâmetro A (peso adulto ou assintótico), confirmando a hipótese de que ocorre diferença no potencial de crescimento entre os grupos. Os modelos cuja as hipóteses foram de igualdade do parâmetro B ou K não apresentaram diferença significativa com o modelo completo.

O teste da razão de verossimilhança não foi significativo quanto ao modelo reduzido com 7 parâmetros, com hipótese de igualdade do parâmetro B e da taxa de crescimento (K) entre os grupos genéticos, sendo apenas o peso assintótico uma variante entre os grupos. Os sete parâmetros avaliados consideram quatro parâmetros A um parâmetro B e K e uma constante do modelo. Deste modo, como esse modelo não diferiu do completo, foi considerado o mais adequado para descrever o comportamento de crescimento, pois apresentou seis parâmetros a

menos em relação ao modelo completo. E de acordo com o princípio da parcimônia, modelos mais simples devem ser escolhidos em relação aos mais complexos (Carneiro, et al., 2014, Filho, 2015).

Desse modo as curvas de crescimento para comparar os grupos genéticos foram ajustadas considerando o modelo reduzido com 7 parâmetros, com hipótese de igualdade de subconjuntos de parâmetro B e K entre os grupos genéticos, variando somente o parâmetro A (figura 3).

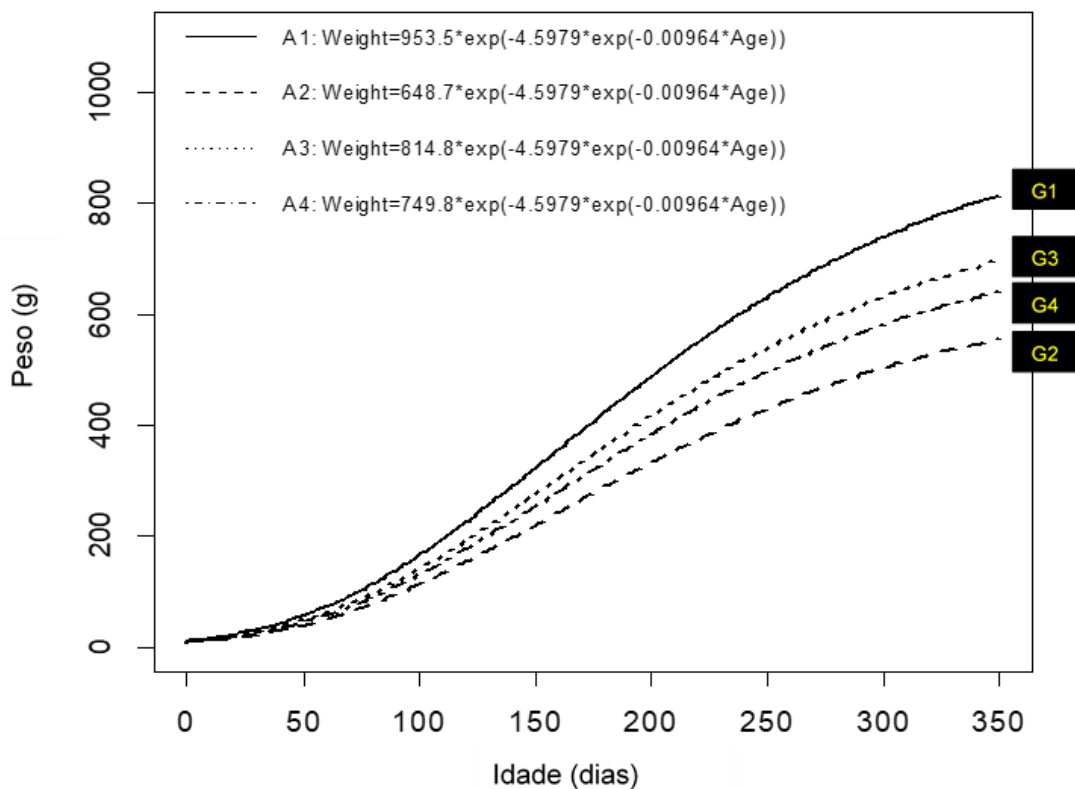


Figura 3 - Curva de crescimento morfológicas do peso em função da idade de cada grupo genético - (A1=G1, A2=G2, A3=G3, A4=G4)

O peso à maturidade ou assintótico representado pelo parâmetro A, apresentou diferenças entre os grupos avaliados, com melhores resultados no grupo puro G1 = 953,5g seguido do G3=814,8, G4= 749,8g e G2= 648,7g (tabela 8). O modelo reduzido ajustado estabeleceu uma única taxa de crescimento (K) de 0,00964 para todos os grupos genéticos. O parâmetro B foi positivo para o modelo ajustado (4,5979), embora não possua uma interpretação biológica, seu sinal positivo ou negativo indica o sentido da curva.

Tabela 8 - Parâmetros do modelo reduzido com igualdade de subconjunto dos parâmetros A e K entre os grupos genéticos

GRUPO	A	B	K
G1	953,5		
G2	648,7		
G3	814,8	4,59	0,00964
G4	749,8		

Grupos genéticos: G1 (GIFT x GIFT) G2 (Vermelha x Vermelha) G3 (GIFT x Vermelha) 4 (Vermelha x GIFT)

Oliveira et al., (2013), avaliando o padrão de crescimento entre machos e fêmeas de tilápia GIFT, ajustou as curvas de crescimento de peso em função da idade no modelo reduzido, com hipótese de igualdade do parâmetro B. Os resultados encontrados pelo autor indicaram diferença no padrão de crescimento entre machos e fêmeas, com peso assintótico de 1.111,2g e 695,6g respectivamente.

Santos et al., (2013) avaliando o crescimento de três variedades de tilápia, Supreme, GIFT e Vermelha em diferentes temperaturas encontrou resultados similares, com maior peso assintótico (A) para a variedade GIFT em relação a Red-Stirling, com baixas taxas de crescimento relativo e absoluto para variedade Red-Stirling quando a temperatura da água se manteve abaixo de 28°C.

O fato de do modelo reduzido utilizar uma taxa de crescimento K única para todos os grupos genéticos, faz com que os grupos com menores potenciais de crescimento, alcance o peso assintótico em menor tempo. A exemplo disso o grupo G2, que possui o menor peso assintótico, 648,7g, chegaria à maturidade de peso antecipadamente ao grupo G1 cujo peso assintótico é de 953,5g. Entretanto o fato de atingir o peso adulto em menor tempo, nem sempre está associado a um animal com potencial econômico de produção, pois o ideal é que se tenha um indivíduo onde o peso assintótico seja aquele exigido pelo mercado consumidor e possa ser alcançado no menor tempo possível. Na cadeia produtiva da tilapicultura o peso comercial ideal varia de 750g a 1.000g (Kubitza, 2009, Santos et al., 2005).

Pensando em melhorar o desempenho de ambas as variedades, Red Flórida e GIFT, através de melhoramento genético, o parâmetro K é um critério de seleção importante para variedade GIFT com objetivo de produzir animais com rápido crescimento aproveitando o potencial do peso assintótico desta variedade. Porto et al., (2015) destacam que as características de crescimento são as mais relevantes em programas de melhoramento de tilápias, deste modo a taxa de crescimento é o principal objetivo da seleção (Blanck et al., 2009; Turra et al., 2010), alcançando ganhos genéticos que variam entre 10 e 15% por geração (Ponzoni et al., 2011), destacando a viabilidade de melhorar as características de produção por meio do melhoramento seletivo (Gjedrem e Rye, 2018).

Ganhos genéticos anuais de 3,8% e 15% em quatro gerações foram observados por Oliveira et al., (2015) para taxa de crescimento, com estimativas de herdabilidade de 0,13. Estimativas de alta herdabilidade foram descritas por Bolivar & Newkirk (2002), 0,56 e 0,47 Trong et al., (2013), podendo resultar em ganhos genéticos superior a 15% em quatro gerações. Tran et al., (2021) comparou o desempenho da variedade melhorada GIFT com outras três variedades, Genomar, Chitralada, FaST e observou uma taxa de crescimento 27% superior para GIFT.

O parâmetro A (peso adulto, assintótico) é um critério de seleção importante a ser considerado no melhoramento da tilápia Vermelha, selecionar animais com potencial de crescimento com objetivo de obter uma variedade com maior peso comercial é uma estratégia relevante para convencer o piscicultor a produzir um animal com bom desempenho e maior valor de mercado.

Além disso o retrocruzamento também pode ser uma alternativa para aumentar o potencial de crescimento. Estudos com retrocruzamentos em tilápias vermelha são escassos, entretanto Pereira (2012) afirma que essa técnica é uma alternativa importante para a característica de crescimento, por ser uma característica controlado por um grande número de genes (poligenes). Beherends & Smitherman (2009) obteve bons resultado avaliando o retrocruzamento interespecífico em um programa de melhoramento genético com *O. aureus* e a tilápia Vermelha da Flórida com objetivo de obter uma variedade vermelha tolerante ao frio.

Lago et al., (2017) avaliaram a estratégia de conduzir retrocruzamentos para o melhoramento genético de duas variedades de tilápia, Chitralada e Red-Stirling, e observou que o objetivo do estudo em obter introgressão genética foi alcançado. A partir dos resultados de retrocruzamento observado é possível supor que após a terceira geração haja animais com maior desempenho de crescimento na coloração vermelho.

5.3 PADRÃO DE COLORAÇÃO

A coloração preta foi predominante entre os grupos genéticos avaliados, com 63,23% do lote, seguido de 16,59% da manchada predominante prata, 11,21% vermelha, 7,17% manchada predominante vermelha e 1,79% manchada predominante preta (figura 4).

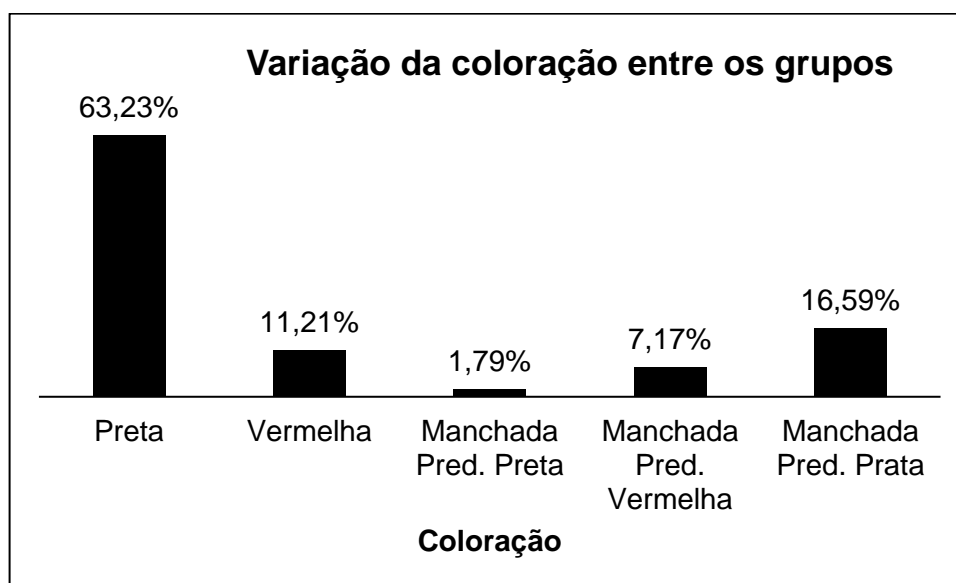


Figura 4 - Coloração entre os grupos genéticos

O grupo G1 apresentou 100% da coloração preta, esse comportamento de pigmentação já era esperado, uma vez que a coloração dominante do grupo genético GIFT é preta, com oscilações para pigmentação cinza na região abdominal (Oliveira et al., 2007) (figura 5).

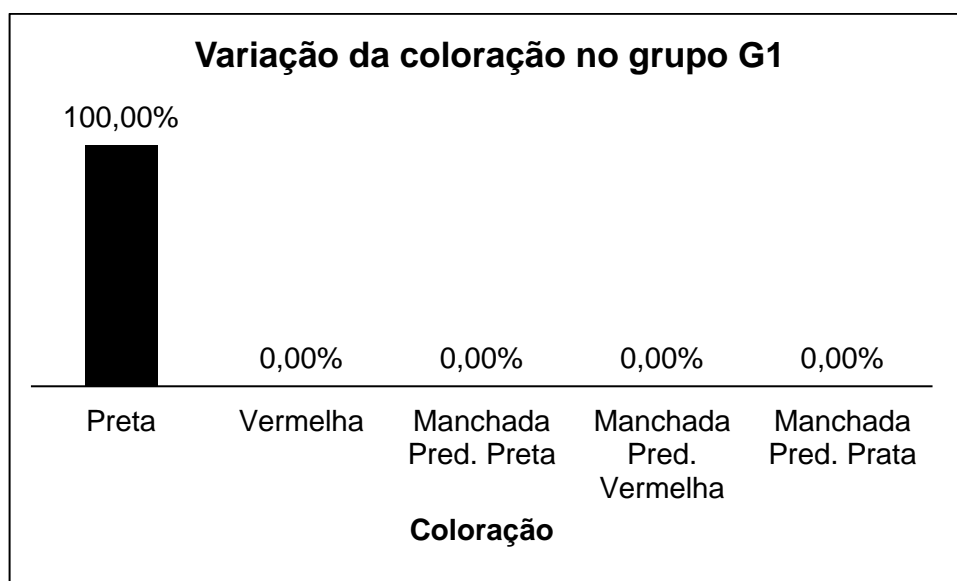


Figura 5 - Variação da coloração no grupo G1 GIFT

A coloração no grupo G2 variou entre 31,25% no tom vermelho, 12,5% manchada predominante vermelha e 56,25% manchada predominante prata (figura 6). Zagolin & Hisldorsf, (2008) estudando a segregação genética do fenótipo vermelho e avaliando qualitativamente o padrão das manchas em *Oreochromis niloticus* resultante do cruzamento entre uma variedade vermelha (Red-Stirling x Chitralada), afirmou que o fenótipo vermelho em tilápias parece estar relacionado a uma falha, durante a formação dos melanóforos no período de desenvolvimento embrionário. Os autores ainda afirmam que o cruzamento entre essas variedades resultada numa prole 100% vermelha, porém com padrões de manchas variáveis que podem ser explicadas por uma introdução completa e uma expressividade variável de um segundo locus gênico que controla este fenótipo.

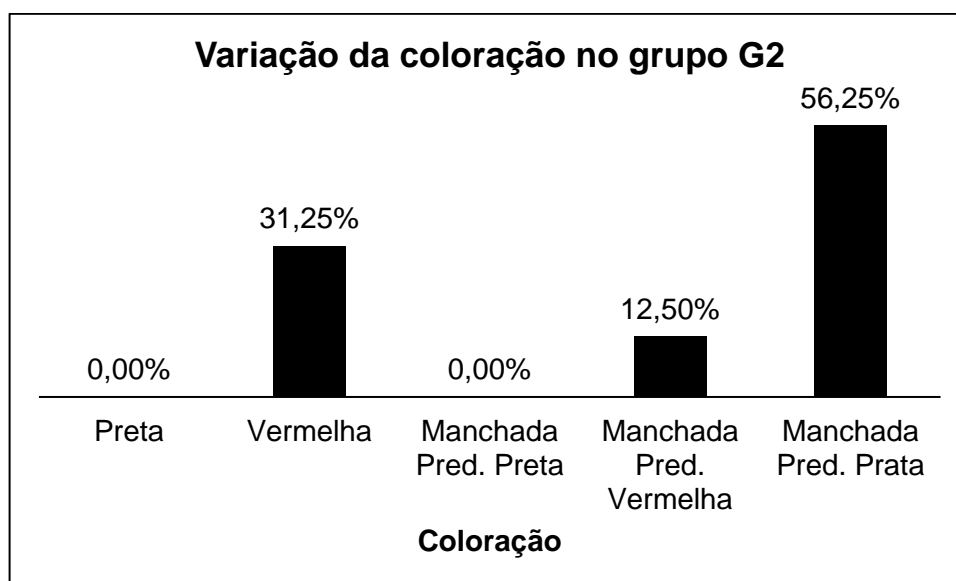


Figura 6 - Variação da coloração no grupo G2 Vermelha

Resultados diferentes entre os grupos híbridos foram encontrados, com percentuais de 88,89 e 47,17% de tilápias pretas nos grupos G3 e G4 respectivamente. A ocorrência da pigmentação vermelha foi baixa no grupo G3, com 3,7%, e 15,09% no grupo G4 (figura 7 e 8).

De modo geral o grupo G3 apresentou 11,1% de animais vermelhos e manchados, um percentual consideravelmente baixo, haja vista o objetivo para produção de um animal híbrido seria a obtenção da herança da coloração vermelha, quer seja manchada ou completo. Já para o grupo G4 foram observados melhores resultados, com 52,82% dos animais com coloração vermelha e manchada (Figura 10).

Expressões similares foram encontrados por Nwachi et al., (2020) ao avaliarem os padrões de herança da coloração nos cruzamentos entre tilápia Vermelha e GIFT. O grupo genético com machos vermelho apresentou 79,69% de animais vermelhos e manchados, 21% a mais que o grupo com macho preto. Com percentuais diferentes o presente trabalho observou comportamento similar entre os grupos G3 e G4, com 41,63% a mais na ocorrência da cor vermelho quando usamos machos da variedade Vermelho da Flórida.

Embora, a variação genética da cor vermelha não seja totalmente compreendida, acredita-se que a coloração seja controlada por uma herança dominante (Lago et al., 2017), ou seja por um único alelo dominante onde ambos homozigotos RR ou Rr heterozigoto produzem cor corporal vermelha, enquanto a variedade escura (preto) são controlados por um alelo recessivo (rr) (Reich et al., 1990, Nwachi et al., 2020).

Portanto, o cruzamento entre a variedade Vermelha que carrega um alelo vermelho homozigoto dominante (RR) com a GIFT (rr) é esperado produzir um lote com todos animais fenotipicamente vermelho, enquanto o cruzamento entre a variedade Vermelha heterozigótica (Rr) com GIFT (rr) espera-se que produza uma proporção de 1:1 vermelha e preto. Esse comportamento de proporção na coloração foi observado no grupo G4, com 52,82% vermelha e manchado e 47,17% preto.

Entretanto ao adotar macho preto (grupo G3) observou-se maior proporção de animais pretos. Portanto, os resultados deste estudo sugerem que o gene responsável pela determinação da coloração vermelha pode estar diretamente relacionado ao cromossomo Y masculino, onde um híbrido vermelho macho produziria maior porcentagem de descendentes de cor avermelhada em comparação com os progenitores do sexo masculino de tipo selvagem (Nwachi et al., 2020).

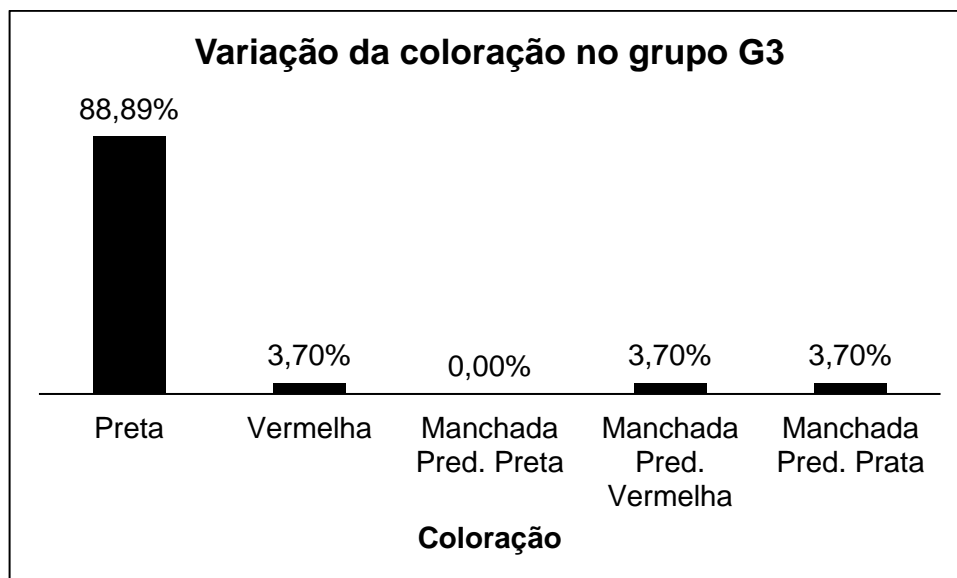


Figura 7 - Variação da coloração no grupo G3 (GIFT x Vermelha)

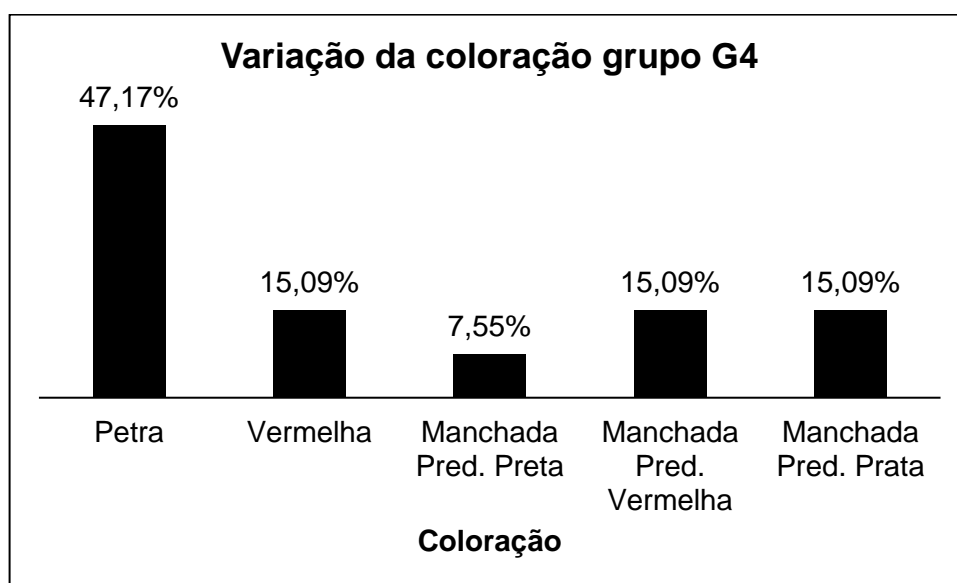


Figura 8 - Variação na coloração no grupo G4 (Vermelha x GIFT)

6 CONCLUSÃO

O peso final e as curvas de crescimento ajustadas demonstram um desempenho inferior da tilápia vermelha em relação à escura, provavelmente devido ao processo de seleção genética imposto sobre a variedade GIFT. Este desempenho inferior foi transmitido aos grupos híbridos que também apresentaram um potencial de crescimento inferior ao do parental puro escuro. Desta forma conclui-se que a hibridização interespecífica não se mostrou uma técnica eficiente para formação de um grupo com desempenho de ganho de peso final e coloração vermelha, o que poderia ser alcançado pelo processo de seleção para crescimento sobre a variedade vermelha ou pelo cruzamento contínuo entre animais F1 vermelhos e puros escuros visando a introgressão genética.

7 REFÊRENCIAS

- Alves, R. G. O. Estudo genético de características reprodutivas em suínos e avaliação de curvas de crescimento em cruzamentos dialélicos. 1986. 124 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.
- Amal, M. N. A.; Zamri-Saad, M.; Zahrah, A.S.; Zulkafli, A.R.; Nazifah, M. N. Molecular characterization of *Streptococcus agalactiae* strains isolated from fishes in Malaysia. *Journal of Applied Microbiology*, 2013, ISSN 1364-5072.
- Associação Brasileira de Piscicultura – PeixeBR. Anuário PeixeBR da Piscicultura, Brasil 2020.
- Barichello, F.; Alencar, M. M.; Freitas, A. R.; Barbosa, P. F. Curvas de crescimento em altura de fêmeas Nelore, Aberdeen Angus x Nelore, Canchim x Nelore e Simental x Nelore nascidas em duas estações do ano. *Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia*, 46., 2009.
- Behrends, L. L.; Smitherman, R. O. Development of a cold-tolerant population of red tilapia through introgressive hybridization. *Journal of the World Mariculture Society*, 15(1-4), 172–178, 2009.
- Bentsen, H. B.; Eknath, A. E.; Palada-de Vera, M. S.; Danting, J. C.; Bolivar, H. L.; Reyes, R. A.; Dionisio, E. E.; Longalong, F. M.; Circa, A. V.; Tayamen, M. M.; Gjerde, B. Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete diallel experimente with eight strains of *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 160, 145–173, 1998.
- Bentsen, H. B.; Gjerde, B.; Nguyen, N. H.; Rye, M.; Ponzoni, R. W.; Palada de Vera, M. S.; Bolivar, H. L.; Velasco, R. R.; Danting, J. C.; Dionisio, E. E.; Longalong, F. M.; Reyes, R. A.; Abella, T. A.; Tayamen, M. M.; Eknath, A. E. Genetic improvement of farmed tilapias: Genetic parameters for body weight at harvest in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during five generations of testing in multiple environments. *Aquaculture* 338-341, 56–65, 2012.

Bentsen, H. B.; Gjerde, B.; Eknath, A. E.; Vera, M. S. P.; Velasco, R. R.; Danting, J.C.; Ponzoni, R. W. Genetic improvement of farmed tilapias: Response to five generations of selection for increased body weight at harvest in *Oreochromis niloticus* and the further impact of the project, *468*, 206-217, 2017.

Behrends, L.L., Nelson, R.G.; Smitherman, R.O.; Stone, N.M. Breeding and Culture of Red-Gold Color Phase of Tilapia. *J. World Maricul. Soc.* 13: 210-220, 1982.

Behrends, L. L.; Smitherman, R. O. Development of a Cold-Tolerant Population of Red Tilapia Through Introgressive Hybridization". *J. World Maricul. Soc.* 15: 172-178, 1984.

Berg R.T.; Butterfield R. M. New concepts of cattle growth. Sydney University Press, University of Sydney, 1976.

Bertalanffy, L. V. Quantitative laws in metabolism and growth. *The Quarterly Review of Biology*, [S.I.], v. 32,p. 217-230, 1957.

Brody, S. Bioenergetics and growth: with special reference to the efficiency complex of domestic animals. New York: Hafner, 1945. 1023 p.

Botelho, H. A.; Leira, M. H.; Melo, C. C. V.; Café, M. B.; Freitas, R. T. F.Determinação da curva de crescimento e alometria de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e seus híbridos. *Revista Agrarian*, v. 12, p. 97-103, 2019.

Brol, J.; Pinho, S. M.; Sgnaulin, T.; Pereira, K. R.; Thomas, M. C.; Mello, G. L.; Miranda-Baeza, A.; Emerenciano, M. G. C. Tecnologia de bioflocos (BFT) no desempenho zootécnico de tilápias: efeito da linhagem e densidades de estocagem. *Arch. Zootec.* 66 (254): 229-235. 2017.

Carneiro, A. P. S.; Muniz, J. A.; Carneiro, P. L. S.; Malhado, C. H. M.; Filho, R. M.; Silva, F. F. Identidade de modelos não lineares para comparar curvas de crescimento de bovinos da raça Tabapuã. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 49, n.1, p.57-62, jan. 2014.

Campos, C. P.; Freitas, C. E. Curva de crescimento do tucunaré *cichla monoculus* (Agassiz, 1813) capturado no lago grande de Manacapuru (am - brasil). Rev. Bras. Eng. Pesca 5(1): 1-9, 2010.

Chávez-García, R. Contreras-Ramos, A.; Ortega-Camarillo, C.; Figueroa-Lucero, G.; Prado-Flores, G.; Mendoza-Martínez, G.; Vergara-Onofre, M. Morphometric comparison of the growth curve in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) sexually reverted to masculinized and feminized. Lat. Am. J. Aquat. Res. 48, 1-6.

Clark, J. H.; Watanabe, W. O.; Ernst, D. H. Effect of feeding rate on growth and feed conversion of Florida red tilapia reared in floating marine cages. Journal World Aquaculture Soc, 21: 16-24, 1990.

Costa, R. B.; Carvalho, M. A. M.; Sales, R. O.; Farias, J. O. Hybrid fish and its reproductive fragility. Brazilian Journal of Hygiene and Animal Sanity, v8, n.4, p. 187–202, 2014.

Costa, A. C.; Neto, R. V. R.; FREITAS, R. T. F.; FREATO, T. A.; LAGO, A. A.; SANTOS, V. B. Avaliação do crescimento de tilápias de diferentes linhagens através dos modelos não lineares. Archivos de Zootecnia, v.58, Supl. 1, p. 561-564, 2009.

Denise, R. S. K.; Brinks, J. S. Genetic and environmental aspects of the growth curve parameters in beef cows. Journal of Animal Science, Champaign, v. 61, n. 6, p. 1431-1440, 1985.

Elias, A. M. Análise de curvas de crescimento de vacas da raça Nelore, Guzerá e Gir. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Piracicaba, 1998.

Eknath, A.E.; Tayamen, M.M.; Palada-de Vera, M.S.; Danting, J.C., Reyes, R.A.; Dionisio, E. E.; Capili, J. B.; Bolivar, H. L.; Abella, T. A.; Circa, A. V.; Bentsen, H. B.; Gjerde, B.; Gjedrem, T. Pullin, R. S. V. Genetic improvement of farmed tilapias: the growth performance of eight strains of *Oreochromis niloticus* tested in diferente farm environments. Aquaculture 111, 171–188, 1993.

Fernandes, F. A.; Fernandes, A. H. B. M.; Lara, J. A. F.; Rachel, R. C. Relatório de avaliação dos impactos das tecnologias geradas pela Embrapa. Embrapa, Corumbá, 2020.

Filho, J. D. B. Hierarquia de valores e ensino atual: uma reflexão a partir das ciências biológicas. *Synesis*, v. 7, n. 1, p. 98-115, 2015.

Fitzhugh, H. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *J Anim Sci*. 1976;42(4):1036–51. 12.

Foresti, F. Biotechnology and fish culture. *Hydrobiologia*, 2000.

Freitas, J. R. Avaliação de desempenho e de coloração de híbridos intraespecíficos de *oreochromis niloticus* das variedades red stirling e chitralada. Teses de mestrado. Universidade de Mogi das Cruzes, 2007.

Galman, O. R.; R. R. Avtalion. A Preliminary Investigation of the Characteristics of Red Tilapias from the Philippines and Taiwan. in International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 291-301, 1983.

Gamito, S. Growth models and their use in ecological modelling: na application to a fish population. *Ecological Modelling*. Amsterdam, v. 133, n.1/3, p. 83-94, 1998.

Halstrom, M. L. Genetic Studies of a Commercial Strain of Red Tilapia. Tese de Mestrado, Department of Fisheries and Allied Aquacultures, 1984.

Hilsdorf, A. W. S., Moreira, A. A., Freitas, J. R. Introgressive hybridization and comparative growth performance of two Nile tilapia (Chitralada and Red-Stirling) and their crosses. *Aquaculture*, 272, 2007.

Hilsdorf, A. W. S.; Orfão, L. H. Aspectos gerais do melhoramento genético em peixes no Brasil. *R. Bras. Zootec.*, v.40, p.317-324, 2011.

Hulata, G.; Karplus, I.; S. Harpaz. Evaluation of Some Red Tilapia Strains for Aquaculture: Growth and Color Segregation in Hybrid Progeny. *Aquaculture Research*, 26765-771, 1995.

Huang, C.M.; Chang, S.L. Cheng, H.J.; Liao, I.C. Single Gene Inheritance of Red Body Coloration in Taiwanese Red Tilapia. *Aquaculture*: 74/3-4, 1988.

- Keong Ng, W. Hanim, R. Performance of genetically improved Nile tilapia compared with red hybrid tilapia fed diets containing two protein levels. *Aquaculture Research*, 38, 965-975, 2007.
- Kubitza, F. Questões sobre a qualidade dos alevinos de tilapia. *Panorama da Aquicultura*, 16(97): 14-23, 2006.
- Kubitza, F. Produção de tilapias em tanques de terra estratégias avançadas no manejo. *Panorama da Aquicultura*, vol.19, n.115, 2009
- Kubitza, F. Tilapia: tecnologia e planejamento na produção comercial. 2. ed. Jundiaí: F. Kubitza, 316 p, 2011.
- Lago, A. A.; Rezende, T. T.; Dias, M. A. D.; Freitas, R. T. F.; Hilsdorf, A. W. S. The development of genetically improved red tilapia lines through the backcross breeding of two *Oreochromis niloticus* strains. *Aquaculture*, v. 472, p. 17-22, 2016.
- Lago, A. A.; Neto, R. V. R.; Rezende, T. T.; Ribeiro, M. C. S.; Freitas, R. T. F.; Hilsdorf, A. W. S. Quantitative analysis of black blotching in a crossbred red tilapia and its effects on performance traits via a path analysis methodology. *JOURNAL OF APPLIED GENETICS*, v. 60, p. 393-400, 2019.
- Laird, A. K. Dynamics of relative growth. *Growth*, [S.l.], v.29, n. 9, p. 249-263, 1965.
- Lovshin, L. L. 2000 Criteria for selecting Nile tilapia and red tilapia for culture. In: international simposium on tilapia aquaculture, 5. *Anais*, v.1, p.49-57, 2000.
- McAndrew, B. J.; Roubal, F. R.; Roberts, R. J.; Bullock. A. M.; McEwen. I. M. The Genetics and History of Red, Blond and Associated Color Variants in *Oreochromis niloticus*. *Genetica* 76: 127-137, 1988.
- Macaranas, J. M.; Taniguchi, N.; Pante, M. J. R. Electrophoretic evidence for extensive hybrid gene introgression into commercial *Oreochromis niloticus* stocks in the Philippines. *Aquaculture and Fisheries Management*, v.17, p.249-258, 1986.
- Mainardes-Pinto, C. S. R.; Paiva, P.; Verani, J. R.; Scorvo-Filho, J. D.; Silva, A. L. Desempenho produtivo da tilapia tailandesa e da tilapia vermelha da Flórida

estocadas em diferentes densidades, em tanques-rede instalados em viveiros. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 37(3): 225 – 234, 2011.

Marengoni, N. G.; Machado, L. M. C.; Oliveira, C. A. L.; Yoshida, G. M.; Kunita, N. M.; Ribeiro, R. P. Morphological traits and growth performance of monosex male tilapia GIFT strain and Saint Peter®. Ciências Agrárias, Londrina, v. 36, n. 5, p. 3399-3410, set./out. 2015

Mazzini, A. R. A. Análise da curva de crescimento de machos Hereford considerando heterogeneidade de variâncias e autocorrelação dos erros. 2001. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

Mazzini, A. R. A.; Muniz, J. A.; Aquino, L. H.; Silva, F. F. Análise da curva de crescimento de machos Hereford. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1105-1112, 2003.

Moreira, A. A.; Moreira, H. L.; Hilsdorf, A. W. S. Comparative growth performance of two Nile tilapia (Chitralada and Red-Stirling), their crosses and the Israeli tetra hybrid ND-56. Aquaculture Research, 36, 1049-1055, 2005.

Nwachi, O. F.; Esa, Y. B.; Christianus, A.; Rahim, A. A.; Kamarudin, M. S. Patterns of colour inheritance from crossbreeding between Red hybrid tilapia (*Oreochromis sp.*) and GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*). Journal of Environmental Biology, 41, 1289-1294, 2020.

Nelder, J. A. The fitting of a generation of the logistic curve. Biometrics, Washington, v. 17, p. 89-110, 1961.

Neto, O. P. P.; Marengoni, N. G.; Albuquerque, D. M.; Souza, R. L. M.; Ogawa, M. Reprodução e proporção sexual de tilápia vermelha, variedade Saint Peter, em diferentes salinidades. Revista Ciência Agronômica, v. 46, n. 2, p. 310-318, abr-jun, 2015.

Oliveira, C. A. L.; Yoshida, G. M.; Oliveira, S. N.; Kunita, N. M.; Santos, A. I.; Filho, L. A.; Ribeiro, R. P. Avaliação genética de tilápias-do-nilo durante cinco anos de seleção. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.50, n.10, p.871-877, 2015.

Oliveira, C. A. L.; Ribeiro, R. P.; Streit Jr, D.; Povh, J. A.; Resende, E. K. Melhoramento genético de peixes: uma realidade para piscicultura brasileira. *Panorama da Aquicultura*, v. 130, p. 38-47, 2013.

Oliveira, A. M. S.; Oliveira, A. C. L.; Matsubara, B. J. A.; Oliveira, S. N.; Kunita, N. M; Yoshida, G. M.; Ribeiro, R. P. Padrões de crescimento de machos e fêmeas de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da variedade GIFT. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 34, núm. 4, 2013.

Oliveira, E. G.; Santos, F. J. S.; Pereira, A. M. L.; Lima, C. B. Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria. EMBRAPA: Empresa Brasileira Agropecuária. *Circular Técnica*, 45. ed. 1, p. 02, 2007.

Oshima, N., & Yokozeki, A. Direct Control of Pigment Aggregation and Dispersion in Tilapia Erythrophones by Light. *Zoological Science*, 16(1), 1999.

Pereira, J. C. C. Melhoramento genético aplicado à produção animal. 6. FEPMVZ, 2012. 758 p.

Popma, T. J.; Lovshin, L. L. Worldwide Prospects for Commercial Production of Tilapia. R and D Series 41, International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University, Alabama, 1996.

Pullin, R. S. V.; Eknath, A. E.; Gjedrem, T.; Tayamen, M.M.; Macaranas, J.M.; Abella, T.A. The Genetic Improvement of Farmed Tilapias (GIFT) Project: The Story so Far, 14. *ICLARM Q, NAGA*. pp. 3–6, 1991.

Ramírez-Paredes, J. G.; Garduño-Lugo, M.; Muñoz-Córdova, G. Desempenho produtivo de uma nova população de tilápias vermelhas sintéticas 'pargos-unam' em comparação com a tilápia selvagem (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*, 43 (6), 870-87, 2011.

Regazzi, A. J; Silva, C. H. O. Testes para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear em dados de experimento com delineamento em blocos casualizado. *Revista Ceres*, v.57, n.3, p.315-320, 2010.

- Reich, L.; J. Don, R. R. Avtalion: Inheritance of the red color in tilapias. *Genetica*, 1, 195–200, 1990.
- Resende, E. K.; Oliveira, C. A. L.; Legat, A. P; Ribeiro, R. P. Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica espécies aquáticas. In: simpósio brasileiro de melhoramento animal, 8, 2010, Maringá. Anais. Maringá: SBMA, 2010.
- Ribeiro, R. P.; Vargas, L.; Oliveira, C. A. L. Dez anos da tilápia gift no Brasil. *Aquaculture Brasil*, v. 1, 2016.
- Richards, J. F. A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 10, p. 290, 1959.
- Romana-Eguia, M. R. R.; Eguia, R. V. Growth of five red tilapia strains in saline environments. *Aquaculture*, 173, 1999.
- Rutten, M. J. M.; Komen, K.; Bovenhuis, H. Longitudinal genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) body weight using a random regression model. *Aquaculture*, v. 246, n. 1-4, p. 101-113, 2005.
- Sallam G. R.; Fayed, W A.; El-Absawy, M. A.; Aly, H. O. A.; El-Greisy, Z. A. Red Tilapia Broodstocks and Larval Production Under Different Water Salinities Without Acclimation. *Journal Aquaculture Res Development* 8: 476, 2017.
- Salomão, R. A. S.; Santos, V. B.; Mareco, E. A. Influência da temperatura de cultivo no crescimento muscular e do tecido adiposo em linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Sci., Anim. Sci.* vol.40, 2018.
- Santos, V. B.; Freitas, R. T. F.; Silva, F. F.; Freato, T. A. Evaluation of morphometric growth curves of tilapia of Nilo (*Oreochromis niloticus*) strains. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1486-1492, 2007.
- Santos, V. B.; Freitas, R. T. F.; Logato, P. V. R.; Freato, T. A.; Orfão, L. H.; Millioti, L. C. Rendimento do processamento de linhagens de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em função do peso corporal. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 31, n. 2, p. 554-562, 2007.
- Santos, V. B.; Mareco, E. A.; Silva, M. D. P. Growth curves of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains cultivated at diferente temperatures. *Acta Sci., Anim. Sci.* vol.35 no.3, 2013.

- Sarmiento, J. L. R.; Regazzi, A. J.; Sousa, W. H.; Torre, R. A.; Breda, F. C.; Menezes, G. R. O. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. R. Bras. Zootec. vol.35 no.2, 2006.
- Selz, O. M.; Seehausen, O. Interspecific hybridization can generate functional novelty in cichlid fish. Royal Society, v.286, 2019.
- Siddiqui, A. Q.; Al-harby, A. H. Evaluation of three species of tilapia, red tilapia and hybrid tilapia as culture species in Saudi Arabia. Aquaculture, 1995.
- Silva. B. C.; Marchiori, N. C.; Silva, F. M.; Massago, H. Ganho genético após uma geração de seleção individual para peso final e variáveis morfométricas em tilápia. Revista de Ciências Agroveterinárias, 2019.
- Tayamen M. M.; Reyes, R. A.; Danting, M.J.; Mendoza, A. M.; Marquez, E. B.; Tilapia broodstock development for saline waters in the Philippines. Nagaicarm Quarterly, 25: 32-36, 2002.
- Tave, D.; Rezk, M.; Smitherman. R. O. Genetics of Body Color in Tilapia mossambica”. J. World Aquaculture Soc., 20/4, 1989.
- Thodesen J, Rye M, Wang Y-X, Li S-J, Bentsen HB, Gjedrem T. Genetic improvement of tilapias in China: Genetic parameters and selection responses in growth, pond survival and cold-water tolerance of blue tilapia (*Oreochromis aureus*) after four generations of multi-trait selection. Aquaculture, 396–399:32–42, 2013.
- Umar, A. M.; Shukor, M. Y. Modelling the growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on fed diets formulated from local ingredients in cages. Bulletin of Environmental Science & Sustainable Management. Vol 4, no1, 1-6, 2020.
- Vianna, G. R.; Oliveira, T. M.; Teixeira, E. A.; Nicolino, R. R.; Boscolo, W. R.; Silva, M.X.; Haddad, J. P. A. Biosecurity for fish farming cage systems due to the highly clogged screen aggravated by *Limnoperna fortunei*. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. vol.71 no.1, 2019.
- Vidal, L. V. O.; Albinati, R. C. B.; Albinati, A. C. L.; Lira, A. D.; Almeida, T. R.; Santos, G. B. Eugenol como anestésico para a tilápia do nilo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, p.1069 1074, 2008.

Watanabe, W.; French, K. E.; Ernst, D. H. Salinity During Early Development Influences Growth and Survival of Florida Red Tilapia in Brackish and Seawater. *Journal of the World Aquaculture Society* Vol. 20, No. 3, 1989.

Webb Jr. K. A.; Hitzfelder, G. M.; Faulk, C. K.; Holt, G. J. Growth of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at three different densities in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 264, 223–227, 2007.

Wohlfarth, G. W.; Hulata, G. Applied genetic of tilapias. 2.ed. ICLARM Studies and Reviews, 1983.

Zagolin, G. B.; Hilsdorf, A. W. S. Estudos de segregação genética da coloração em tilápia nilótica (*oreochromis niloticus*) para produção de alevinos Vermelhos para fins ornamentais. XI Congresso de iniciação científica, UMC, 2008.